

鹿茸水溶性与脂溶性成分提取方法的优化及含量分析

刘佳, 赵海平, 张伟, 雒伟伟, 杨万云, 齐晓妍, 李春义*
(中国农业科学院 特产研究所, 特种动物分子生物学国家重点实验室,
吉林省鹿茸工程研究中心, 长春 130112)

[摘要] 目的: 探索鹿茸可溶性成分(水溶性成分和脂溶性成分)的最优提取工艺, 并分析其在我国常见鹿茸中的含量规律。方法: 通过比较 3 种不同破碎方法(超声波提取法、Bullet Blender 细胞组织破碎仪提取法和净信组织细胞研磨仪提取法)结合凝胶过滤色谱, 得出最佳水溶性成分提取方法。通过比较样品的两种前处理方式(105 ℃烘干法和 24 h 冻干法), 采用索氏提取法, 筛选最适的脂溶性成分测定方法。最后按照优化后实验方案对梅花鹿二杠茸、梅花鹿三杈茸、马鹿茸的尖部和基部可溶性成分进行测定。结果: 水溶性成分的提取采用 Bullet Blender 细胞组织破碎仪法, 参数为三档位, 3 min, 破碎 3 次, 可得到最高提取效率; 脂溶性成分的提取采用 105 ℃烘干法, 平行实验数据较稳定, 相对偏差 <5%。不同种类鹿茸尖部和基部的可溶性成分质量分数分别为梅花鹿二杠茸 36.06%、8.30%, 梅花鹿三杈茸 34.54%、7.20%, 马鹿茸 32.42%、3.91%。结论: 该实验成功筛选出鹿茸水溶性与脂溶性成分的最优提取方法, 并且发现不同种类鹿茸的可溶性成分在尖部含量明显高于基部, 且含量差异表现为梅花鹿二杠茸 > 梅花鹿三杈茸 > 马鹿茸的递减趋势, 但差异并不显著。

[关键词] 鹿茸; 水溶性成分; 凝胶过滤色谱; 脂溶性成分; 含量差异

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2017)15-0065-05

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.2017150065

[网络出版地址] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20170420.1131.076.html>

[网络出版时间] 2017-04-20 11:31

Optimization of Extraction Methods for Water Soluble and Liposoluble Components of Cervi Cornu Pantotrichum and Content Analysis

LIU Jia, ZHAO Hai-ping, ZHANG Wei, LUO Wei-wei, YANG Wan-yun, QI Xiao-yan, LI Chun-yi*
(State Key Laboratory for Molecular Biology of Special Economic Animals,
Institute of Special Animal and Plant Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences,
Deer Antler Engineering Research Center of Jilin Province,
Changchun 130112, China)

[Abstract] **Objective:** To explore the optimal extraction procedures of soluble components (water-soluble and liposoluble components) of Cervi Cornu Pantotrichum, and analyze their content variations by using Chinese deer antlers. **Method:** The optimal extraction method of the water-soluble components was obtained by comparing three different fragmentation methods (ultrasonic extraction method, bullet blender cell and tissue fragmentation method and Jingxin tissue and cell grind extraction method) coupled with gel filtration chromatography (GFC). The more suitable measurement method for liposoluble components was determined by comparing two pre-treatment methods (105 ℃ drying method and 24 h freeze-drying method) coupled with soxhlet extraction. Finally, an optimal extraction project was adopted to measure the soluble components between the tip and basal portions of sika deer two-branch antlers, sika deer three-branch antlers and wapiti antlers. **Result:** The highest extraction efficiency of water-soluble components in Cervi Cornu Pantotrichum was obtained when Bullet Blender cell and tissue fragmentation

[收稿日期] 20161228(008)

[基金项目] 吉林省重点科技攻关项目(20150204071NY); 吉林省重点自然科学基金项目(20140101139JC)

[第一作者] 刘佳, 在读硕士, 从事鹿茸成分及质量鉴定的研究, Tel: 13104494924, E-mail: liujia199210@163.com

[通讯作者] * 李春义, 博士, 研究员, 从事鹿茸生物学的研究, Tel: 0431-81919500, E-mail: lichunyi1959@163.com

method was used and the parameter was set at third grade , 3 mins for 3 times. The extraction of liposoluble components was stable when 105 °C drying method was used , and the relative deviation was less than 5% . The contents of soluble components in the tip and basal portions of different kinds of antlers were 36. 06% and 8. 30% for sika deer two-branch antlers; 34. 54% and 7. 20% for sika deer three-branch antlers; 32. 42% and 3. 91% for wapiti antlers. **Conclusion:** We successfully determined the best extraction methods for water-soluble and liposoluble components in velvet antlers , and found that the soluble components of different kinds of deer antlers in the tip portions were significantly higher than those in the basal portions. The results showed a descending trend in sika deer two-branch antlers , sika deer three-branch antlers and wapiti antlers as well , but the differences were not significant.

[Key words] Cervi Cornu Pantotrichum; water-soluble component; gel filtration chromatography; liposoluble component; content diversity

《中国药典》(2015 年版) 中记载 , 鹿茸是鹿科动物梅花鹿或马鹿的雄鹿头上尚未骨化密生绒毛的幼角。鹿茸在我国的药用历史悠久 , 其不但具有滋阴壮阳、调节新陈代谢与生长发育的作用 , 近年来还多次被报道具有调节心血管功能^[1-3]、缓解骨质疏松^[4]以及抗衰老^[5-7]等作用。

鹿茸的各种药用价值与其所含的各种生物活性物质息息相关。鹿茸在化学成分上分为可溶性和不溶性 2 部分 , 可溶性成分又分为水溶性成分和脂溶性成分。不管是作为传统中药材对鹿茸进行煎熬服用 , 还是作为保健品泡酒饮用 , 都是利用了鹿茸的可溶性成分。鹿茸的水溶性成分主要包括水溶性蛋白、多肽、生长因子、氨基酸、糖类、生物胺等 , 具有显著的抗骨质疏松^[8-9]、抗疲劳^[10-14]和促进细胞增殖^[15-17]的作用; 脂溶性成分主要包括磷脂、脂肪酸、甾体化合物、前列腺素等 , 近年来多次被报道具有抗疲劳的作用^[18-19]。目前国内外对于鹿茸可溶性成分的研究主要集中在其药理药效及生物学活性上 , 而对于其成分的提取方法优化研究很少 , 研究鹿茸成分的提取方法可最大限度地得到鹿茸中的生物活性物质 , 有利于进一步分离、筛选影响鹿茸药理作用的关键物质 , 对鹿茸深加工产品的研发与生产具有指导意义。故本实验拟从鹿茸成分提取的角度出发 , 优化鹿茸水溶性和脂溶性成分的提取方法 , 对梅花鹿二杠茸、梅花鹿三杈茸、马鹿茸的尖部和基部进行提取定量 , 分析其含量规律。鹿茸的脂溶性成分含量可通过索氏提取法进行测定; 而水溶性提取物成分复杂 , 找到一种适合的方法来尽可能多地提取出鹿茸的水溶性成分并对其进行分析定量是本次实验的关键。鹿茸中蛋白质类物质含量丰富、种类繁多 , 并且具有重要的生物活性 , 是鹿茸水溶性成分中的重要部分。利用蛋白质分析中凝胶过滤色谱的方法 , 对鹿茸水溶性提取物中的蛋白质和多肽类等物

质进行分析定量 , 以此来代表水溶性成分的含量。建立最优化的鹿茸提取方法 , 也能够大大地提高鹿茸的有效利用率 , 让鹿茸这味名贵的传统中药更好地为人类健康服务。

1 材料

S22H 型超声波清洗机(厦门致微仪器有限公司) , Bullet Blender 24 孔细胞组织破碎仪(美国 Next Advance 公司) , JXFSTPRP-4 型全自动样品冷冻研磨仪(上海净信科技) , 3K15 型高速冷冻离心机(美国 Sigma 公司) , SOX406 型脂肪测定仪(济南海能仪器股份有限公司) , FS100S-3 型中药材粉碎机(广州雷迈机械设备有限公司) , BSA124S 型电子分析天平(北京赛多利斯科学仪器有限公司) , AKTA purifier 型中低压色谱系统(美国 GE 公司) , Superdex™75 10/300 GL 型凝胶过滤色谱柱(美国 GE 公司) 。梅花鹿二杠茸、梅花鹿三杈茸和马鹿茸收集自中国农业科学院特产研究所实验鹿场 , 经吉林省鹿茸工程中心李春义研究员鉴定为梅花鹿 *Cervus nippon* , 马鹿 *C. elaphus* 雄鹿未骨化密生茸毛的幼角。磷酸盐缓冲液(PBS , 北京 Solarbio 有限公司) , NaCl(北京化工厂 , 分析纯) , 石油醚(北京化工厂 , 沸程 60 ~ 90 °C , 分析纯) , 细胞色素 C(美国 Sigma 公司) , 水为超纯水。

2 方法与结果

2.1 鹿茸水溶性成分提取工艺的优化 将新鲜采集的鹿茸用酒精喷灯火燎去毛 , 切片后放入烘箱内烘干 , 并研磨成粉 , 制成烘干鹿茸粉样品。按照不同的破碎提取工艺将鹿茸粉样品分为 3 组 , 分别采用①超声波提取法; ②Bullet Blender 细胞组织破碎仪提取法; ③净信组织细胞研磨仪提取法对鹿茸样品进行破碎 , 并分别标记为 A1 组 , B1 , B2 , B3 组和 C1 , C2 , C3 组。取鹿茸粉末约 0. 05 g , 精密称定 , 置 2 mL 离心管中。加入适量小磁珠和 0. 05 mol·L⁻¹ ,

pH 6.9 的磷酸盐缓冲液 1 mL。将离心管混匀后按照表 1 中不同参数进行破碎。破碎完成后 4 ℃ 离心 15 min(2 000 × g), 取上清液置于干净的离心管中 4 ℃ 离心 15 min(12 000 × g), 取上清, 用 0.22 μm 细胞滤器过滤后分别得到标号 A1 ~ C3 的鹿茸水溶性成分提取物。

表 1 3 种不同提取工艺参数

Table 1 Combination of three different extraction process parameters

组别	参数
A1	20 度超声波恒温降解 1 h
B1	3 档位 3 min 破碎 1 次
B2	3 档位 3 min 破碎 2 次
B3	3 档位 3 min 破碎 3 次
C1	50 Hz 60 s
C2	60 Hz 60 s
C3	70 Hz 60 s

将上述破碎提取的鹿茸水溶性提取物依次通过凝胶过滤色谱柱, 进行凝胶过滤色谱的仪器为 GE 公司的 AKTA purifier 中低压色谱系统。色谱条件: Superdex™75 10/300 GL 凝胶过滤预装柱, 洗脱液为 0.05 mol·L⁻¹ 磷酸盐缓冲液(pH 6.9), 含 0.3 mol·L⁻¹ 氯化钠, 流速 0.5 mL·min⁻¹, 进样量 1 mL, 检测波长 280 nm, 其中以 1 g·L⁻¹ 的细胞色素 C 作为一个定量的内参。

利用 AKTA purifier 中低压色谱系统中的 Unicorn 5.31 软件对峰下面积进行自动积分, 以质量浓度为 1 g·L⁻¹ 的细胞色素 C 标准蛋白的峰下面积为内参, 结合鹿茸样品的峰下面积, 对水溶性成分进行定量。

$C_{\text{样}} = A_{\text{样}} \times C_{\text{内}} / A_{\text{内}}$ (1), 水溶性成分质量分数 = $C_{\text{样}} \times V_{\text{样}} / m_{\text{样}}$ (2)。其中 $C_{\text{样}}$ 是鹿茸样品质量浓度, $A_{\text{样}}$ 是鹿茸样品峰面积, $C_{\text{内}}$ 是内参质量浓度, $A_{\text{内}}$ 是内参样品峰面积, $V_{\text{样}}$ 是鹿茸样品上样体积, $m_{\text{样}}$ 是鹿茸样品质量。

按照上述方法对不同提取工艺得到的鹿茸水溶性成分进行计算, 以得到最高提取效率为标准, 筛选出最适合的提取工艺。不同参数下的鹿茸水溶性成分含量见图 1。

从图 1 中可以看出, 在不同提取工艺对鹿茸样品水溶性成分的提取中, B3 组即以 Bullet Blender 细胞组织破碎仪 3 档位 3 min, 破碎 3 次时提取效率最高, 即在此提取参数下, 可得到鹿茸水溶性成分的最大提取效率。

2.2 鹿茸脂溶性成分含量测定方法的优化 鹿茸

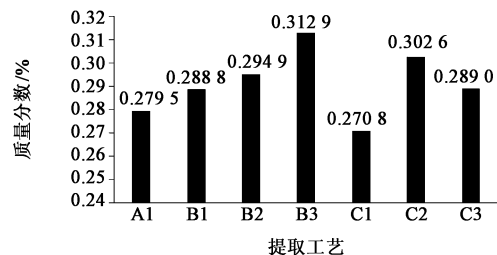


图 1 不同提取工艺对鹿茸水溶性成分提取效率的影响

Fig. 1 Effect of different methods on water-soluble extraction

脂溶性成分的测定使用索氏提取法, 通过石油醚萃取进行减重法计算。鹿茸的脂溶性成分复杂多样, 想要不破坏某些挥发性脂肪酸, 并且尽可能地保证方法简单、可操作性强、数据稳定, 笔者设计了“105 ℃烘干法”和“24 h 冻干法”2 种鹿茸脂溶性成分含量测定的方法。“105 ℃烘干法”为营养学中常规的粗脂肪测定方法, 简单易行并且广为接受; “24 h 冻干法”是将“105 ℃烘干法”中鹿茸粉样品的前处理过程由 105 ℃烘干 2 h 改为低温冻干 24 h, 此法比“105 ℃烘干法”耗时长, 但能最大程度地保存鹿茸中部分易挥发的脂肪酸。

“105 ℃烘干法”: 首先将滤纸包标记后放入烘箱, 105 ℃烘干 2 h, 烘干完成后置于干燥器内冷却 0.5 h; 称量滤纸包质量, 天平归零。精密称量样品约 1 g, 并记录数据, 加入鹿茸粉样品的滤纸包再次放入烘箱, 105 ℃烘干 2 h, 干燥器内冷却 0.5 h 后, 称量抽提前滤纸包和样品总质量。脂肪抽提利用索氏提取的原理, 运用浸泡-连续滴定-定时循环相结合, 对鹿茸粉样品中的脂肪进行完全抽提。抽提后的滤纸包和样品再次进行 105 ℃烘干 2 h, 干燥器冷却 0.5 h, 称定抽提后滤纸包和样品总质量。最后计算鹿茸粉样品的脂溶性成分含量。

“24 h 冻干法”: 将鹿茸粉样品放入冻干小瓶内, 于冷冻干燥机中 -90 ℃冻干 24 h。滤纸包 105 ℃烘干 2 h 后, 干燥器冷却 0.5 h 后称定滤纸包质量, 天平归零。精密称定冻干后的样品约 1 g, 并记录样品质量。脂肪抽提方法与“105 ℃烘干法”相同。抽提后 105 ℃烘干 2 h, 干燥器冷却 0.5 h, 称量抽提后滤纸包和样品总质量。最后计算鹿茸粉样品的脂溶性成分含量。

$$\text{脂溶性成分含量}_{105\text{ }^{\circ}\text{C烘干法}} = \frac{\text{抽提前滤纸包和样品总重(g)} - \text{抽提后滤纸包和样品总重(g)}}{\text{样品重(g)}} \times 100\%$$

$$\text{脂溶性成分含量}_{24\text{ h冻干法}} = \frac{\text{样品重(g)} + \text{滤纸包重(g)} - \text{抽提后滤纸包和样品总重(g)}}{\text{样品重(g)}} \times 100\%$$

对“105℃烘干法”和“24 h 冻干法”得到的脂溶性成分含量进行数据分析,以相对偏差 < 5% (相对偏差 = |(测定值 - 平均值)| / 平均值) 为标准,得到最优的鹿茸脂溶性成分提取方案。

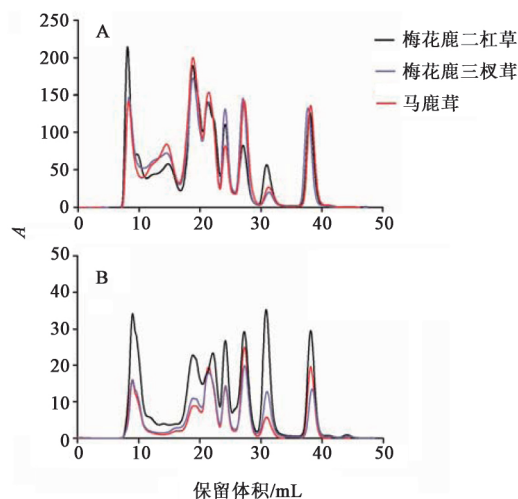
运用“105℃烘干法”测定某鹿茸粉样品脂溶性成分质量分数 3 次的平行实验结果分别为 0.011 6%、0.012 7%、0.011 7%,符合在营养学实验中,样品脂肪质量分数 < 10% 时,相对偏差 < 5% 的要求,结果可靠。“24 h 冻干法”测定的同一样品的脂溶性成分质量分数 3 次平行实验结果分别为 0.346%、0.029 3%、0.017 8%,相对偏差 > 5%,结果相对不可靠。取其他鹿茸粉样品进行重复试验,与上述结果一致。证明在脂溶性成分含量测定中,“24 h 冻干法”可能保留了更多的脂溶性成分,但实验数据不稳定、重复性差,无法作为常规鹿茸样品脂肪含量测定的方法。故鹿茸粉样品脂溶性成分含量测定使用“105℃烘干法”较好。

2.3 不同种类鹿茸尖部与基部样品的制备 通过两组优化试验对鹿茸水溶性和脂溶性成分含量测定的方法进行优化,拟测定我国常见 3 种鹿茸的可溶性成分含量。为使实验具有比对性,笔者选取了鹿茸中差异最大的尖部和基部 2 个部位进行测定。将新鲜采集的鹿茸用酒精喷灯火燎去毛,分别取尖部和基部,切片后放入烘箱内烘干,并研磨成粉。鹿茸尖部切片为密质均一的薄片,质地如蜡;基部切片中心部分可见较大的蜂窝状密集孔,且外圈可见完整骨环。

2.4 不同种类鹿茸尖部和基部水溶性与脂溶性成分含量的测定 利用优化后的实验方案对梅花鹿二杠茸、梅花鹿三杈茸和马鹿茸的尖部和基部进行水溶性与脂溶性成分进行测定,每组设 3 个生物学重复,即共 9 支鹿茸,每支鹿茸选取尖部和基部后共得 18 个样品。为确保试验的准确性,水溶性成分的测定试验每个样品进行 3 次重复,脂溶性成分的测定每个样品进行 2 次平行试验。采用 GraphPad Prism 5 分析不同种类鹿茸可溶性成分之间的规律,数据以 $\bar{x} \pm s$ 的方式表示。

从凝胶过滤色谱结果(图 2)中可以看出,不同种类鹿茸的尖部和基部的水溶性成分提取物均被洗脱分离,鹿茸尖部各峰下面积均明显高于基部。不同种类鹿茸的色谱图峰形一致,但含量不同。

根据凝胶过滤色谱结果,对梅花鹿二杠茸、三杈茸和马鹿茸尖部和基部进行水溶性成分含量计算。利用“105℃烘干法”对同种类同区段鹿茸粉样品进



A. 尖部; B. 基部

图 2 不同种类鹿茸尖部和基部的水溶性提取物凝胶过滤色谱 (280 nm)

Fig. 2 Gel filtration chromatograms of water-soluble contents in tip and basal portions of different kinds of antlers (280 nm)

行脂溶性成分含量的测定。将上述所得水溶性和脂溶性成分含量数据相加得到不同种类鹿茸尖部和基部的可溶性成分含量。见表 2。

表 2 不同种类鹿茸尖部和基部的可溶性成分含量测定 ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

Table 2 Result of soluble components content assay of top and basal sections of different kinds of antlers ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

鹿茸种类	尖部	基部
梅花鹿二杠茸	36.06 ± 2.38	8.30 ± 1.33
梅花鹿三杈茸	34.54 ± 1.36	7.20 ± 0.71
马鹿茸	32.42 ± 5.46	3.91 ± 0.57

对所得数据进行统计学分析,可溶性成分在尖部和基部的含量均有极显著的差异 ($P < 0.01$),尖部明显高于基部。另外,从表中可以看出,梅花鹿二杠茸在尖部和基部的可溶性成分含量均稍高于三杈茸,而三杈茸又稍高于马鹿茸。其中,除马鹿茸基部的可溶性成分含量与梅花鹿二杠茸 ($P < 0.01$) 和三杈茸 ($P < 0.05$) 有极显著或显著差异,其他可溶性成分含量差异不显著。

3 讨论

鹿茸作为我国的一种传统中药材,其药效经受了几千年的考验,在我国中医中药领域应用广泛,多年来科研工作者们从未停止对鹿茸成分及药效的研究。但国内对鹿茸成分的研究大多集中在药理作用上^[20-22],而对鹿茸主要成分提取方法的优化上略显单薄。此次试验对鹿茸水溶性和脂溶性成分的提取方法进行了优化。鹿茸水溶性成分的提取对比了 3 种实验室常见组织破碎的方法:超声波提取法, Bullet

Blender 细胞组织破碎仪提取法和净信组织细胞研磨仪提取法。超声波提取法能够促进固体类样品的溶解,但耗时长,易发热;国产的净信组织细胞研磨仪研磨时间短,但通过试验发现在破碎过程中极易出现泡沫,容易破碎过度。Bullet Blender 细胞组织破碎仪破碎强度比较均匀,破碎时间相对来说较短,其本身带有的 air-cooling 模式能够最大限度地保持样品的生物活性。试验结果得到 Bullet Blender 细胞组织破碎仪可得到最大提取效率的水溶性成分。

在鹿茸脂溶性成分提取的优化试验中,笔者对比了“105℃烘干法”和“24 h 冻干法”2 种脂溶性成分含量的测定方法,实验发现“24 h 冻干法”得到的数据不稳定,重复性差,这可能是由于脂肪抽提前后样品的称量状态不同造成的,脂肪抽提前是冷冻干燥后直接称量,而脂肪抽提后是烘干 2 h 后降温 0.5 h 称量,易产生误差,而脂溶性成分含量测定中必须要求数据精确才能得到稳定数据。为保证试验的准确性和重复性,最后选择“105℃烘干法”为脂溶性成分测定的标准方法。

在以往对于鹿茸化学成分的研究中,鹿茸选材大多数只精确到鹿茸种类^[23-24],忽略了不同发育阶段、不同鹿茸区段的各组分含量也存在差异。本次试验采用优化后的提取方法对梅花鹿二杠茸、梅花鹿三杈茸和马鹿茸尖部和基部的可溶性和脂溶性成分进行测定,得到各种鹿茸的尖部可溶性成分含量均明显高于基部,这与传统分类中认为鹿茸蜡片质量最好相一致;鹿茸的可溶性成分含量表现为梅花鹿二杠茸>梅花鹿三杈茸>马鹿茸的递减趋势。提示在评价鹿茸质量时,不仅需要进行品种的鉴别,还要进行鹿茸区段的鉴定,从而更好地完善鹿茸质量鉴定体系。

[参考文献]

- [1] 陈晓光,王岩,吴岩,等. 鹿茸多肽对大鼠心肌缺血损伤的保护作用[J]. 中国中药杂志, 2009 (15): 1971-1974.
- [2] 赵天一. 鹿茸多肽对缺血性心肌损伤的保护作用及机制研究[D]. 长春: 长春中医药大学, 2013.
- [3] 袁玲. 鹿茸对心肌缺血损伤后期心肌保护机制的研究[D]. 长春: 长春中医药大学, 2007.
- [4] 龚伟,李峰. 以鹿茸对去卵巢骨质疏松模型大鼠的影响对不同规格鹿茸进行质量评价[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(12): 2326-2329.
- [5] 陈书明,袁向庭. 鹿茸醇提物抗氧化作用的实验研究[J]. 实验动物科学与管理, 2000, 17(1): 22-24.
- [6] 陈晓光,金淑莉,邱琳,等. 鹿茸提取物体外抗氧化作用[J]. 中药材, 2004, 26(10): 733-734.
- [7] 罗翔丹,潘风光,张铁华,等. 鹿茸多肽对小鼠耐缺氧

- 和抗疲劳能力的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(4): 386-388.
- [8] Lee S R, Jeon B T, Kim S J, et al. Effects of antler development stage on fatty acid, vitamin and GAGs contents of velvet antler in spotted deer (*Cervus nippon*) [J]. Asian Austral J Anim, 2007, 20(10): 1546-1550.
- [9] Tseng S H, Sung C H, CHEN L G, et al. Comparison of chemical compositions and osteoprotective effects of different sections of velvet antler [J]. J Ethnopharmacol, 2014, 151(1): 352-360.
- [10] 王岩,金淑莉,陈晓光. 鹿茸胶囊耐缺氧和抗疲劳作用的实验研究[J]. 吉林中医药, 2003, 23(7): 47.
- [11] 崔松焕,张宇,金春爱,等. 梅花鹿茸保健饮品抗疲劳作用机理初步探讨[J]. 经济动物学报, 2009, 13(4): 195-198.
- [12] CHEN J C, Hsiang C Y, LIN Y C, et al. Deer antler extract improves fatigue effect through altering the expression of genes related to muscle strength in skeletal muscle of mice [J]. Evid-Based Compl Alt, 2014, 2014(4): 540580.
- [13] 张睿,赵玉红,王忠政. 鹿茸水提物对小鼠抗疲劳功能的影响[J]. 食品工业科技, 2011, 32(4): 365-367.
- [14] 胡太超,刘玉敏,陶荣珊,等. 鹿茸多肽的抗疲劳作用机制研究[J]. 吉林农业大学学报, 2015, 37(4): 469-476.
- [15] LI J, LI Z, GU L, et al. Aqueous extract of red deer antler promotes hair growth by regulating the hair cycle and cell proliferation in hair follicles [J]. Sci World J, 2014, 2014(3): 878162.
- [16] 吴帆,董玲,王春梅,等. 不同部位鹿茸水提液对 NRK-49F 细胞促增殖作用的研究[J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2014, 16(7): 1537-1541.
- [17] 翁梁,周秋丽,王丽娟,等. 鹿茸多肽促进表皮和成纤维细胞增殖及皮肤创伤愈合[J]. 药理学报, 2001, 36(11): 817-820.
- [18] 张馨文. 鹿茸脂溶性组分的成分及抗疲劳研究[D]. 重庆: 西南大学, 2010.
- [19] 白晨,王淑珍,周晓望,等. 鹿茸血酒抗疲劳活性实验研究[J]. 食品科学, 2008, 29(11): 575-578.
- [20] 董思敏,王海璐,王全凯,等. 鹿茸水提物减轻顺铂所致的小鼠肾损伤[J]. 中国病理生理杂志, 2016, 32(8): 1466-1470.
- [21] 王逸文,徐方剑,孙浩,等. 鹿茸多肽提取工艺及其药理学作用[J]. 上海中医药杂志, 2016, 50(4): 94-96.
- [22] 张倩,胡剑江,周秋丽,等. 荧光标记鹿茸蛋白提取物胃肠道吸收离体实验研究[J]. 药理学报, 2011, 46(12): 1526-1529.
- [23] 张嵩,李峰. 不同规格鹿茸商品药材中氨基酸含量分析[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(12): 1919-1923.
- [24] 赵磊,李继海,朱大洲,等. 种鹿茸营养成分的主成分分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(9): 2571-2575.

[责任编辑 顾雪竹]